

Forskning for verdiskapning

Av Ole Torrissen



Innholdsfortegnelse

Forskning for økt verdiskaping	3
Produksjonspotensial for norsk akvakultur	3
Vekstpotensial for norsk lakseproduksjon	3
Forventet vekst i ørretproduksjonen.....	4
Forventet produksjon av torsk.....	4
Prognose for norsk akvakulturproduksjon i 2017	4
Prognose for norsk akvakulturproduksjon i et 50års perspektiv	4
Forskningens rolle	5
Forutsetninger for å kunne realisere potensialene.....	5
Lokaliteter	6
Settefisk	6
Fôr	7
Bæreevne	8
Forbrukeraksept knyttet til dyrevelferd og etikk.....	13
Grunnleggende akva-biologi	13
Mattrygghet - Regelverksutfordringer	14
Vedlegg	16

Forskning for økt verdiskaping

Produksjonspotensial for norsk akvakultur

Notatets¹ formål er å avdekke flaskehalser og FoU-behov utover hva som ligger i dagens budsjetter og programmer, gitt at estimerte økninger i produksjon av laks, ørret og torsk skal realiseres. Bakerst i notatet er en tabell over anslåtte forskningsmidler og når de bør realiseres. Vi må regne med at det i de kommende 10 år vil skje en kraftig prosentuell økning i norsk produksjon av torsk og kamskjell, mens vi vil få en moderat vekst i produksjon av kveite, regnbueørret og blåskjell. Fortsatt vil imidlertid norsk lakseproduksjon være ”lokomotivet” i norsk akvakultur, og de andre artene vil kvantumsmessig utgjøre en relativt liten andel av totalproduksjonen. Prognosen over vekst i norsk akvakultur har så mange usikkerhetsmomenter at vi har valgt å se bort fra alle andre arter enn laks, ørret og torsk.

Veksten i lakseproduksjonen i Chile har de siste årene ikke nådd opp mot prognosene. Sykdomssituasjonen i Chile er svært vanskelig og tapene er store. Dette skyldes i hovedsak en svak forvaltning, lite samarbeid mellom oppdretterne og en svak og dårlig koordinert forskning på flaskehalsene. Det er derfor lite som tyder på at veksten i Chile vil bli så stor at den vil begrense vekstpotensialet for norsk lakseproduksjon de kommende 5-10 år. De andre produsentene (Canada, Skottland, Irland og Færøyene) spiller en mindre kvantumsmessig rolle, og det vurderes som lite sannsynlig at veksten i disse landene vil påvirke den norske produksjonen i vesentlig grad.

Markedssituasjonen er imidlertid et usikkerhetsmoment. Fallende priser og problem med å få omsatt fisken vil relativt raskt gi seg utslag i produksjonskvantumet. Først gjennom en redusert utfôring og dermed lavere vekst og dernest ved lavere utsett av settefisk. Gode priser og sug i markedet vil ha motsatt effekt. Oppdretterne vil i større grad utnytte konsesjonene og øke produksjonen.

Vekstpotensial for norsk lakseproduksjon

I 1991 omsatte norske fôrprodusenter 215 000 tonn laksefôr mens det i 2006 ble omsatt 990 000 tonn. Forutsatt at fôrutnyttelsen var den samme representerer dette en årlig vekst i produksjonen på 10 %.

Forutsatt en tilgang på 300 millioner smolt i 2017 mot 160 i 2006 (*Kittelsen m. Flere, 2006: ”Tilgjengelige ferskvannsressurser til fremtidig produksjon av settefisk av laks og ørret”*) gir det grunnlag for en årlig produksjonsvekst på ca 6 %. Dette er noe lavere enn den prosentvise veksten de siste 15 årene. Dersom økningen i smoltproduksjonen skjer gjennom utsett av

¹ Notatet er en videreutvikling av anslag FKD gjorde på potensiell produksjonsøkning for oppdrett ifbm. modellkjøringer. Notatet er utviklet av Ole Torrissen basert på innspill fra ressurspersoner (se bakerst i notatet).

mindre fisk kan dette gir en viss reduksjon i tilvekst og økt dødelighet. Det tilsier en litt lavere produksjonsøkning. Forventet produksjonsøkning bør ligge mellom 5 og 7 %.

Forventet vekst i ørretproduksjonen

Produksjonen av ørret hemmes av handelshindringer. Produksjonskapasiteten til ørret er nær knyttet opp mot laks fordi de omfattes av samme konsesjon og settefiskanlegg. Endringer i ørretproduksjonen vil derfor påvirke lakseproduksjonen. Det vil derfor ikke medføre vesentlige feilkilder i anslag over totalproduksjon for laks og ørret om en forventer at ørretproduksjonen holder seg konstant.

Forventet produksjon av torsk

Oppdrett av torsk er på vei til å bli en ny næring. I løpet av tre år er produksjonen av oppdrettstorsk tidoblet, fra 946 tonn i 2003 til over 10 000 tonn i 2006. Usikkerhetsmomentet når det gjelder torsk er sykdomssituasjonen, og primært parasitter, vibriose og Francisella. En del av dagens torskeproduksjon er basert på villfanget fisk som føres opp. Vekstpotensialet på oppfôring av villfisk er relativt begrenset.

Teoretisk produksjonskapasitet for dagens settefiskanlegg for torsk er nær 100 mill utsetningsklar torsk. Sammenlignet med laks burde dette gi grunnlag for produksjon av ca 3-400 000 tonn. Med de utfordringer en står overfor når det gjelder sykdom/dødelighet, tidlig kjønnsmodning og rømming vil det ikke være mulig å nå nærheten av et slikt produksjonskvantum de kommende 10 år. Det er vanskelig å gi beregninger over forventet produksjonsøkninger når det gjelder torsk, men det vil være rimelig å anta at veksten vil være minst 15 % per år. Det betyr at vi i 2017 vil produsere nærmere 50 000 tonn.

Prognose for norsk akvakulturproduksjon i 2017

Det kan ventes en vekst i lakseproduksjonen på mellom 5 og 7 % per år og en vekst i produksjonen på torsk på ca 10 % per år. I sum vil dette gi en total produksjon av oppdrettsfisk i Norge i 2017 på mellom 1,3 og 1,5 millioner tonn.

Prognose for norsk akvakulturproduksjon i et 50års perspektiv

Teoretisk kan det produseres enorme mengder oppdrettsfisk langs den norske kysten. Det er gitt anslag på mellom 10 og 20 millioner tonn. Produksjonsutviklingen i Norge vil derfor i stor grad avhenge av markedet og økonomisk konkurransevne heller enn biologiske eller tekniske begrensninger.

Kittelsen m. fl. beregnet produksjonskapasiteten for smolt i Norge til å være ca 1,2 milliarder stk. Det tilsier en produksjonskapasitet for laks på mellom 4 og 5 millioner tonn. Dette er realiserbart gitt en etterspørselsvekst på 5 pst. i året.

Legger i til grunn en utvikling av torskeproduksjonen som er sammenlignbar med den utviklingen vi har hatt for laks så kan vi om 50 år ha en produksjon av torsk i Norge på ca 1 million tonn.

Forskningens rolle

Forskning har vært helt sentral i utvikling av norsk akvakulturnæring. Dette er kanskje mest synlig når det gjelder sykdommer der vi helt klart kan slå fast at forskningen er fundamentet for dagens produksjon. Det er like klart at forskning på fiskeernæring, velferd, reproduksjonsbiologi, avl og oppdrettsteknologi har hatt en vesentlig betydning for næringens vekst og produktivitet. Det er imidlertid vanskelig å kvantifisere effekten av hvert enkelt område.

I løpet av 30-40 år har produksjon av oppdrettsfisk vokst fra ingenting til i dag å ha en høyere førstehandsverdi enn villfanget fisk i Norge. De ressursene det offentlige bruker på forskning og utvikling reflekterer ikke denne endring, på tross av at oppdrettsnæringen og forvaltningen sliter med store uløste problem.

Potensialet for fangst av villfanget fisk er nådd, og i følge FAO vil vi ikke se en vesentlig økning i verdens fangst av fisk. Potensialet for økt produksjon av sjømat ligger i akvakultur. Det bør reflekteres i forskningsprioriteringene.

Den forskningsmessige satsing på utvikling av akvakulturnæring en bør øke proporsjonalt med næringens betydning. Denne forskningen må være bred og langsiktig slik at en i framtiden vil være i stand til å løse problem som oppstår og sikre næringens konkurranseevne og bærekraft. Målsettinger bør da være at norsk akvakulturforskning gis statlige bevilgninger på ca 1 milliard (2007 kr) kr i 2017 og 5-6 milliarder per år om 50 år.

Forutsetninger for å kunne realisere potensialene

Rømming av oppdrettsfisk og spredning av lakselus er i dag de viktigste begrensende faktorer for videre vekst på kort sikt. Enkelte forskningsmiljø hevder at grensen for akseptable rømminger av laks og utslipp av lakselus allerede er over det som kan forsvares. Likeså ser vi tendenser til resistensutvikling for avlusningsmidler.

En langsiktig vekst i norsk fiskeoppdrett krever derfor en økt og mer fokusert forskningsinnsats for å løse flaskehalser. Forskningsbehovet må både være mellomlangsigtig (5-10 år) for å løse nærstående problemer, men også langsiktig (20-50 år) for å forstå og løse grunnleggende og fundamentale problemer. Fokus må være på laksefisk og torsk, men også nye arter i oppdrett og havbeite bør inn.

Flaskehalene vil primært være:

- Oppdrettslokaliteter
- Settefisk av torsk og laksefisk
- Fôrråstoffer
- Bæreevne
 - Rømming og genetiske/økologiske interaksjoner
 - Sykdom og spredning av sykdom
 - Eutrofiering og økt biologisk produksjon
 - Konkurrerende bruk av kyst/hav
- Forbrukeraksept knyttet til dyrevelferd og etikk
- Grunnleggende akvabiologi

Lokaliteter

Total produksjonspotensial uten en omlegging av dagens lokalitetskriterier vil være en dobling av lakseproduksjonen (1,5 millioner tonn) og ca 2-300 000 tonn torsk. En modell med klynger av anlegg eller vesentlig større anlegg er en forutsetning for vekst ut dagens produksjon.

- Ekstraordinær årlig forskningsinnsats første 10 år: 10 mill

Dagens geografiske spredning av relativt små matfiskanlegg er lite arealeffektiv og utnytter ikke bæreevnen i områder som er særlig egnet for oppdrett. Den vanskeliggjør også en effektiv sykdomsbekjempelse. Etter hvert som vi tar i bruk effektive metoder for å styre miljøvirkningene på lokalitet og produksjonen øker, vil fokus i økende grad dreies fra lokalitet til kumulative effekter på region.

Forvaltningen av lokaliteter og regioner kan baseres på konseptet som ble utviklet i MOM-prosjektet (Havforskningsinstituttet) og som innebærer at et forvaltnings- og reguleringsystem både må være i stand til å predikere effekten av planlagte tiltak og til å overvåke miljøvirkningen etter at tiltakene er realisert. Utvikingen av geografiske informasjonssystemer (GIS) gjør at vi nå kan utvikle konseptet videre til et helhetlig, dynamisk forvaltningssystem slik som skissert i MOLO, som i framtiden kan bli et system for effektiv arealutnyttelse og miljøtilpassing av akvakultur. Systemet er kunnskapsbasert, og må vedlikeholdes og videreutvikles i takt med ny kunnskap og nye behov

MOLO må dekke de viktigste artene i akvakultur og de viktigste miljøpåvirkningene. Innen et 10-års perspektiv inkluderer det laksefisk, torsk, blåskjell og kamskjell, evt. også kveite og hummer og ulike miljøaspekter av organiske utslipp, smittespredning, dyrevelferd og bæreevne for skjelldyrking og havbeite. Det er en utfordring også å inkludere interaksjoner mellom rømte og ville organismer. En del av kunnskapen finnes, men på andre områder slik som genetiske interaksjoner og smittespredning må det gjøres grunnleggende forskning, og denne forskningen må styres inn mot å dekke behovene i MOLO. Konkrete utfordringer er å utvikle og validere simuleringsmodeller for miljøvirkningene og å få disse til å kommunisere med databaser i GIS, og å utvikle spesifikke overvåkningsprogrammer for den enkelte miljøvirkning.

Settefisk

I 2006 ble det produsert om lag 160 millioner laksesmolt i Norge. FHL havbruk ga Akvaforsk, SINTEF og NIVA i oppdrag å vurdere potensialet for produksjon av settefisk i Norge (Kittelsen m. Flere, 2006: ”Tilgjengelige ferskvannsressurser til fremtidig produksjon av settefisk av laks og ørret”. Rapporten konkluderer med at vi i 2015 vil ha et produksjonspotensial på 300-455 millioner smolt per år.

- Forskning vil være vesentlig for utvikling av næringen, men ingen definerbare flaskehalser.

Fleksibiliteten i systemet ligger i utnyttelse av ubrukte vannressurser i eksisterende anlegg, størrelse på smolten og ny teknologi i settefiskanleggene. Der finnes også betydelige uutnyttede ferskvannsressurser som gir grunnlag for bygging av nye anlegg. Resirkulasjonsteknologi er nå et svært aktuelt tema hos de fleste oppdrettselskapene, både innen ferskvann og marint oppdrett. Dette kommer trolig som en følge av økende behov for vann og bedre kontroll på miljøparametre.

Spillvarme fra industri er aktuell kilde for oppvarming av vann. Det vil redusere behovet for kostbar elektrisk oppvarming og bruk av mindre miljøvennlige metoder som for eksempel fyrkjeler. Gjennomgang av tilgjengelig spillvann og vurdering av arter som er aktuelle er viktig for å anslå potensialet.

I de siste årene er det gjennomført et betydelig arbeid for å klarlegge de produksjonsrelaterte faktorene som er med på å øke risikoen for deformiteter og misdannelser hos laksefisk. For å kunne forebygge slike lidelser hos fisk må en sette i gang et langsiktig forskningsarbeid for å kunne forstå vekstprosessene og den grunnleggende utviklingen av skjelettet. Hos våre andre oppdrettsarter har vi mye mindre kunnskap om hvilke produksjonsrelaterte faktorer som er med på å øke risikoen for deformiteter og misdannelser. På samme måte som hos laksefisk er det også en betydelig mangel på grunnleggende kunnskap om vekst og utvikling av skjelettet. Hos kveite vil det for eksempel ligge spesielle problemer knyttet til metamorfosering.

Fôr

Det vil sannsynligvis være tilstrekkelig råvarer tilgjengelig for en dobling av den norske produksjonen av oppdrettsfisk. En ytterligere vekst vil i første omgang forutsette en økt tilgang på marint fett (langkjedet, umettet fett). Det betyr at økte fettressurser må være tilgjengelig i løpet av første 10-årsperiode. Det er større usikkerhet knyttet til proteinbehovet, men i løpet av en 20-30 år må sannsynligvis dietter basert på kun vegetabiliske proteinkilder være utviklet.

- Stort behov for forskning knyttet til optimalisering av fôr, spesielt fôr basert på vegetabiliske fôrråstoffer. Fôrindustrien vil finansiere store deler av denne forskningen.

Alternative råvarer fra planter, det marine miljø og genmodifiserte organismer

Nær 80 % av tilgjengelig marint fett benyttes i dag til fôr til oppdrettsorganismer. Det blandes betydelige mengder vegetabilisk fett i fiskefôr, men det langkjedete marine fett er fremdeles helt nødvendig både for fisken og for å ta vare på de positive helseeffekter ved å spise fisk. Endringer i sammensetning på fiskefôr kan påvirke næringsinnholdet i spiselig del og det er viktig at man får dokumentert eventuelle endringer dette kan ha på konsumentens helse. Det er vist at ved å erstatte for eksempel fiskeolje i fiskefôr med vegetabilisk olje, endres fettsyreprofil i laksefilet.

Alternative planteråvarer fra soya, raps og mais, gir et stort potensial for bærekraftig utvikling samtidig som det gir en rekke utfordringer på fremmedstoffsidene. I et 20-30 års perspektiv vil det være nødvendig å utvikle et fôr til karnivore fisk som kun inneholder vegetabiliske

proteinkilder. Utover dette gir det også utfordringer med hensyn på fiskens velferd, fordi ingen av disse har en næringsstoffprofil som dekker fiskens behov. Planteproteinene inneholder i tillegg relativt store mengder antinæringstoffer som kan gi direkte skade. Ved bruk av genteknologi for å forbedre planters motstandsdyktighet (genmodifisering), endres både plantens næringsstoff- og antinæringststoffprofil.

- Det er et stort behov for forskning knyttet til sikker bruk av nye fôrråvarer både fra det marine miljø og planteråstoff og hvilke konsekvenser dette har for fisken og fiskekonsumentens helse. Forskningen vil legge grunnlag for gode risikovurderinger i EU og Norge som basis for riktig regelverk.

Bæreevne

Når miljøvirkningene av økt akvakultur skal vurderes i et 10- og et 50-årig perspektiv kan det være nyttig å skille mellom to typer miljøvirkninger. Den ene gruppen er slike som kan elimineres ved økt kunnskap og tiltak, for eksempel vil en effektiv vaksine mot lus fjerne problemene knyttet til lus, og steril fisk vil fjerne faren for genetisk påvirkning. Den andre gruppen er den som er uløselig knyttet til biologisk produksjon slik som utslipp av næringsalter og organisk stoff. Den første gruppen vil kunne få betydning ved vurdering innen en 10-års horisont, mens de må forutsettes å være løst om 50 år. Den andre gruppen vil imidlertid øke med økende produksjon og eventuelle problemer må løses på andre måter. På lang sikt vil det også komme opp problemstillinger som vi i dag ikke kan forutse.

- Vi har nådd grensen for det forsvarlige når det gjelder rømt laks og lakselus.
- Uten nye lusemidler vil norsk lakseproduksjon stagnere og muligens gå tilbake (-10% per år) i et 10-15 årsperspektiv
- Mer effektive vaksiner mot vibriose og vaksiner eller effektive behandling mot intracellulære bakterier er en forutsetning for utvikling av torskeoppdrett til en bærekraftig næring.
- Pancreas disease (PD) koster norsk oppdrettsnæring 1 milliard per år. Omfanget vil øke proporsjonalt med lakseproduksjonen.

Ekstraordinært forskningsbehov: 60 mill per år

- Hindre rømming (bedre anlegg, sikrere nøter, beskytte mot skipskollisjoner, overvåkingssystemer): 10 mill per år
- Sterilisere oppdrettsfisk: 5 mill per år
- Lakselusvaksine og behandling mot lakselus 15 mill per år og sekvensering av lusas genom (se akvabiologi)
- Behandling mot intracellulære bakterier: 5 mill per år
- Behandlingsstrategier for virussjukdommer 10 mill per år
- Overvåking: 10 mill per år
- Eutrofiering 5 mill per år

Rømming og genetiske/økologiske interaksjoner

Det er i dag uakseptabelt antall fisk som rømmer fra norske oppdrettsanlegg. Videre vekst vil kreve minst en relativ reduksjon i antall rømt fisk. En dobling av utsatt mengde laksesmolt de neste 10 år krever en reduksjon i rømmingsraten på minst 50 %. I et lengre perspektiv kan det bli aktuelt med sterilisering av oppdrettsfisk eller mono-sex kultur for å begrense skade ved rømming eller gyting i oppdrettssystemene.

Vi mangler vi kunnskap om den genetiske strukturen hos viktige akvakulturarter og effektene av domestisering. Det er gjennomført grunnleggende feltstudier for å studere hva som skjer når oppdrettsfisk krysses med vill laks. Det er imidlertid kun et fåtall slike studier, og det er behov for å utvikle og parameterisere simuleringsmodeller basert på eksisterende kunnskap, slik at en kan få et bedre grunnlag til å predikere utfall av innkryssing av oppdrettsfisk. Metodene for sporing av rømt oppdrettsfisk bør videreutvikles og testes ut på flere arter og rømmingssituasjoner med ukjent opphav.

Rømming skyldes en rekke årsaker relatert til utstyr for oppdrett og drift av oppdrettsanlegg. Det vil derfor være behov for forskning for å finne frem til nye rømmingssikre tekniske løsninger, designkrav (inkludert biologi) for å konstruere sikrere anlegg og løsninger som reduserer konsekvens ved feil bruk eller skade. For å frembringe kunnskap som kan konkretisere slike drift- og designkrav, vil det være behov for en flerfaglig tilnærming. Eksempel på kunnskap som vil være viktig er; forståelse av forskjellige fiskearter sin adferd i merd, anvendelse av nye materialer i not, forankring og flytekrage, fysiske måleresultat for utvikling og verifikasjon av metoder og dataprogram, metoder for å beregne nøyaktig bevegelse, form av not og belastning i strøm og bølger, sikringssystemer som hindre feilbruk eller reduserer konsekvens av feil bruk av utstyr, IKT systemer for drift og varsling av fare eller overbelastning og objektive testmetoder for testing av utstyr og materialer.

I dag har bruken av steril fisk fått ny relevans fordi bruk av steril laks i oppdrett kan være en gunstig metode for å redusere den genetiske påvirkning rømt oppdrettslaks har på villaks. Teknikken kan også bli aktuell i oppdrett av torsk, som kan rømme eller gyte i merdene. Det finnes imidlertid flere uløste problem knyttet til steril fisk. I dag er den eneste aktuelle metoden å produsere triploid fisk. Det er også fremmet alternative metoder for å sterilisere oppdrettsfisk. Disse er imidlertid kun testet i liten skala og det gjenstår et betydelig arbeid før slike teknikker eventuelt kan tas i bruk. Arbeidet med å optimalisere og/eller utvikle metoder for oppdrett av steril fisk vil derfor bli viktig i fremtiden.

Sykdom og spredning av sykdom

Norsk oppdrettsnæring sliter med flere alvorlige sykdommer og parasitter. Tilstanden når det gjelder lakselus er spesielt alvorlig. Det vil være meget betenkelig å tillate en videre vekst i norsk produksjon av laksefisk uten en relativ reduksjon i luseinfeksjonen. Utvikling av resistens mot lusemidler krever en intensivt innsats mot utvikling av vaksie og nye behandlingsregimer

Virus og intracellulære bakterier er vanskelige å behandle både medikamentelt og forebyggende. De forårsaker store problemer for oppdrettsnæringen, og det må igangsettes et intensivt arbeid på dette området.

Infeksiøs Lakseanemi (ILA) og Pancreas disease (PD) påfører oppdrettsnæringen tap på over en milliard årlig. Det finnes i dag ingen effektive terapeutika eller vaksiner.

Sykdom vil alltid komme i intensive produksjonssystemer. En ytterligere vekst i oppdrettsnæringen krever en styrket forskningsmessig beredskap slik at nye sykdommer raskt kan identifiseres og medikamenter utvikles. Det kreves også en ny og grunnleggende forståelse av smittespredning i marine økosystemer.

Lakselus

Det bør etableres et langsiktig forskningsprogram på lakselus som viderefører arbeidet med vaksineutvikling og i tillegg går inn mot utvikling av nye medikamenter. I dette arbeidet bør også lakselusas genom sekvenseres. Programmet må også være forberedt på å arbeide med parasitter knyttet til oppdrett av torsk.

Lakselus har gitt oppdrettsnæringa svære økonomiske tap helt siden starten. Spredning av lakselus til villfisk er en alvorlig trussel for vill laksefisk og gir oppdrettsnæringa et dårlig renommé. Problemet med lakselus (og liknende parasitter) ser en i alle land der en har oppdrett av laks, og vi må regne med at parasitter også vil bli et stort problem når det gjelder oppdrett av torsk.

Lakselus blir i dag kontrollert med kjemisk behandling ved lovpålagt grense (0,5 hunn/lus/fisk). I dag har en 2 typer lusemiddel som vert nytta i Norge (pyrethroider (badbehandling) og emamectine bezoate (oralt via fôr)). Høsten 2006 vart det rapportert om resistens mot badbehandling i Nord-Trøndelag. All erfaring fra bruk av denne typen legemiddel viser at en får utvikling av resistens. Det vil derfor være avgjørende for et forsvarlig lakseoppdrett at en får utvikle nye behandlingsmetoder (nye legemiddel og vaksiner) mot lakselus.

Ved å nytte moderne molekylærbiologiske metoder kan en i dag langt raskere enn tidligere utvikle nye legemiddel og metodene er særskilt relevante i samband med vaksineutvikling. Ei rekke molekylære metoder er de siste åra etablert på lakselus. Full utnytting av denne teknologien får en først når heile genomet til lakselus er sekvensert.

Intracellulære bakterier

Flere bakterier er intracellulære. Dette gir store utfordringer i behandling og forebygging (vaksiner). Hos torsk er en intracellulær bakterie (*Francicella*) årsak til store tap, og har medført at torskoppdrett på sørvestlandet er lagt på is. Det har vist seg å være vanskelig å utvikle effektive vaksiner mot intracellulære bakterier og dette vil trulig være tilfelle for *Francicella* hos torsk også. Et viktig skritt for å kontrollere *Francicella* vil være en genomsekvensering av bakterien. Genomet er lite (ca. 2 millioner basepar) og vil være

forholdsvis enkel å kartlegge. Bruk av funksjonell genomforskning på bakterien og verten (torsk) bør føre fram til kandidat antigen som kan testes ut i vaksiner.

Virus

Flere kjente virus har ført til store økonomiske tap i oppdrettsnæringa og stadig nye sykdommer er knytt til virus. I dag er PD (Pancreas disease) et stort problem hos laks mens en har fått redusert tallet på nye utbrudd av ILA. God kunnskap om livssyklus (smitteveier) er viktig for å hindre spredning og nye utbrudd av virus.

Det er heilt nødvendig med flere forskningsmiljø i Noreg som har kompetanse på å identifisere og karakterisere virus hos fisk. Et stort problem i dag er at der er få cellekulturer fra fisk tilgjengelig (noen få på laks, ingen tilgjengelige frå torsk og kveite). Cellekulturer er viktige i diagnostikk, men også avgjørende for arbeid med vaksineutvikling. Dyrking av virus i cellekulturer gjør at en raskere kan identifisere sykdomsframkallende virus og t.d. etablere molekylære diagnosemetoder. Ensidig fokus på dagens problemvirus må en unngå, nye virussykdommer kommer heilt sikkert til å dukke opp.

Vaksiner er viktig for kontroll av virus da det ikke finnes terapeutika til fisk. Etablering av ny teknologi til behandling vil være et svært viktig skritt framover. Blokkering av virus via RNAi (RNA interferens) gitt via foret (eller andre måter) bør være et forskningsfelt i framtida.

Beredskap og overvåking

For å lykkes med fiskeoppdrett, er det helt nødvendig å ha god kontroll med fiskens helsesituasjon. En grunnleggende forutsetning i dette arbeidet, er å ha oversikt over de viktigste sykdommene og helseplagene som dominerer i dagens oppdrett. I tillegg er det viktig å danne seg et bilde av hva som kan bli fremtidige problemer, og om allerede eksisterende sykdommer øker i omfang og utbredelse. En slik oversikt er nødvendig for å kunne gi relevante forskningsråd, og for å kunne prioritere forskningsinnsatsen. Sykdomssituasjonen blir stadig mer kompleks og det vil være viktig å skille mellom utbredelse av patogene agens og disse som årsak til klinisk sykdom.

Eutrofiering og økt biologisk produksjon

Ved produksjon av 1,2 – 1,5 millioner tonn bør miljøvirkninger av partikulære utslipp ikke være begrensende verken på lokalitets- eller regionalt nivå. Det forutsetter en aktiv lokaliseringsstrategi der flere anlegg samles i områder med stor bæreevne. Det vil også lette presset på tilgjengelig areal. En økning til 1,2 – 1,5 millioner tonn per år forutsetter at forvaltningen konsekvent bruker standarden for overvåking av bunnpåvirkning (NS 9410) til å regulere påvirkningen på lokalitetene.

En produksjon på til 4-5 millioner tonn vil stille stor krav til bæreevne og kumulative effekter fra flere anlegg vil trolig viske ut det skillet vi i dag har mellom lokale og regionale påvikninger. Grensesettingen i forhold til hvor store miljøvirkninger en vil godta og som

derived definerer bæreevnen vil bli et viktig politisk tema. Trolig kan en på den tiden effektivt kanalisere den sekundære produksjonen inn i ønskede og effektive, høstbare næringskjeder. Villfauna trekkes til åpne merdanlegg enten for å spise spillfôr eller for å predatere på organismer som lever av utslippene. Dette gjelder også fisk, og er en konsekvens av en åpen teknologi. Kvalitet på fisk fanget ved oppdrettsanlegg har i noen områder skapt konflikter mellom akvakultur og fiske. Omfanget og konsekvens av denne påvirkningen bør klarlegges, det gjelder både hvilke arter og mengder fisk det gjelder, hvordan kvaliteten påvirkes og hvordan slik fisk skal behandles og anvendes for å redusere skadevirkningene mest mulig.

Konkurrerende bruk av kyst

Kystsonen dekker et areal på 90.000 km², som tilsvarer 1/3 av fastlands Norge. Norge utnytter flere arter kommersielt, f. eks. flere fiskearter, hummer, krabbe, muslinger og tare. Flere av fiskebestandene i kystsonen er betydelig redusert. Årsakene kan være mange, f. eks. overfiske, vassdragsreguleringer, økte predatorbestander, miljøgifter og endringer i fiskens leveområder.

Viktige bruksformål i kystsonen er fiske, jakt, havbruk, havbeite, sjøtransport, industri, sand- og grusuttak fra sjøbunnen, sjøforsvaret og kommunal infrastruktur. Det er også betydelige verneinteresser i kystsonen, men så langt er bare 2 % av arealet vernet etter Naturvernloven. Reiseliv og turisme langs kysten er et satsingsområde, og det er derfor viktig å ta utgangspunkt i helheten av ressurser og opplevelseskvaliteter for framtidig verdiskaping. Storslagen kystnatur, særegne kystkulturmiljøer og gode fiskemuligheter trekker årlig over 200 000 fisketurister til Norge. Hytter i strandsonen og fritidsbåter er et dominerende innslag i de tett befolkede områdene. Mer enn 350 000 fritidsbåter er tilhørende langs kysten. Den økte interessen og presset på kystsonen blir gjerne knyttet til begreper som helhetlig kystsoneforvaltning, bærekraftig kystsoneforvaltning, langsiktig kystsoneforvaltning eller økologibasert forvaltning, og "førevar"-tenkningen har fått økende plass i slik forvaltning. I kampen om arealer langs kysten mellom alle de aktuelle brukere av kysten i dag, fra næringsinteresser til rekreasjons- og fritidsinteresser og rene verneinteresser, er det lett å glemme hvilke arealkrav, både rommelig- og funksjonsmessig, det marine livet, ikke minst fisken, langs kysten har. En slik forglemmelse kan på sikt redusere de "biologiske verdier" langs kysten, både i mengde og kvalitet. I sin verste konsekvens kan det føre til varig svekkelse av ressurs- og miljøgrunnlaget for dagens og morgendagen kystnæringer. Særlig tre "biologiske verdier" har en sentral plass i en helhetlig (integret) og økologi-basert kystsoneforvaltning:

kystsonens naturlig, høye biologiske produktivitet må bevares (særlig vil mange være interessert i produksjonen av matfisk),

det biologiske mangfold må bevares og

kystmiljøet må bevares rent, så det vi høster og produserer er ren mat.

Forbrukeraksept knyttet til dyrevelferd og etikk

Det rettes sterkere fokus på dyrevelferd og bærekraft. Det trengs derfor et solid kunnskapsgrunnlag for å forstå hvilke behov ulike oppdrettsorganismer har i ulike livsstadier og i relasjon til ulike oppdrettsformer, miljøbetingelser og teknologiske løsninger.

Det er særlig behov for forskning innen områdene:

- Grunnleggende kunnskap om miljøtilpasninger, individets behov og tålegrenser for ulike livsstadier av oppdrettsorganismer som grunnlag for velferdsvurderinger.
- Kunnskap om hvordan ulike produksjonsmetoder og oppdrettsteknologi virker inn på dyrevelferd
- Fysiologiske og atferdsmessige modeller som kan brukes for å forutse samspill mellom miljø og individ i oppdrett.
- Operasjonelle velferdsindikatorer og teknologi som kan brukes i kommersielle anlegg for å overvåke og dokumentere forhold som har betydning for dyrevelferden.

Grunnleggende akva-biologi

Et løft i satsing på genomikk og funksjonell genomforskning vil være et viktig skritt. Det vil skape ny grunnleggende viten. Dersom en får tilgang til sekvenserte genom av marine organismer vil det tiltrekke seg forskningsinnsats fra de tunge grunnleggende forskningsmiljøene globalt. Det vil derfor som biprodukt gi en kraftig økning i grunnforskning på for oss viktige organismer.

Sekvensering av lakselusas og *Francicella* bakteriens genom er nødvendig for effektivt å kunne utvikle vaksiner og medikamenter, og bør derfor prioriteres. Likeså vil kartlegging av torskens genom være viktig i utvikling av produksjonssystemer, men også ha stor betydning for forvaltningen av våre ville bestander..

Ekstraordinær forskningsinnsats

- Kartlegging av lakselusas genom: 16 mill Kr. (engangskostnad)
- Kartlegging av genomet til *Francicella* bakterien: 5 mill (engangskostnad)
- Kartlegging av marine genomer: 10 mill per år.

Erfaringene fra utvikling av laksenæringen har vist at en trenger en bred grunnleggende forståelse av morfologiske, fysiologiske og atferdsmessige tilpasninger i de ulike livsfasene. Dette er viktig for å sikre god velferd, helse, kvalitet og produktivitet gjennom å tilby rett oppdrettsmiljø og teknologi, og for å sikre at ulike oppdrettsprosedyrer har minimale negative effekter på oppdrettsorganismen. Denne forskningen må ha som siktemål å forstå hele livssyklus - og spesielt de å ha detaljert kunnskap om kritiske faser som startfôring, metamorfose, smoltifisering, kjønnsmodning og gyting.

Viktige forskningsoppgaver er:

- Etablere grunnleggende forståelse av morfologiske, fysiologiske og atferdsmessige tilpasninger på ulike livsstadier – med fokus på kritiske faser:
 - Forstå ernæringsbehov og miljøkrav hos marine larver og yngel
 - Forstå metamorfoseprosesser – og betydning av oppdrettsmiljø og ernæring

- Forstå mekanismer bak smoltifisering som grunnlag for å kunne måle god smoltkvalitet
- Forstå faktorer som påvirker tidlig kjønnsmodning – med tanke på modningskontroll
- Forså hvordan oppdrettsbetingelser virker inn på stamdyr og kvalitet og overlevelse av avkom
- Økogenomics – bruke genomikk for å forstå økologiske prosesser. Viktig for å kunne forstå mekanismene bak miljøvirkninger av havbruk
- Legge grunnlag for å forstå miljøkrav og atferdsbehov i de ulike livsstadier
- Forstå stressfysiologiske responser og kobling mellom fysiologi og atferd

Genomforskning

Det er i dag genomforskningsaktivitet på torsk, laks og lakselus, og det finnes planer for sekvensering av disse genomene. Når det gjelder laks og torsk er det uklart hvilke direkte effekter en genomsekvens vil ha for å løse flaskehalser i oppdrett og forvaltning. Når det gjelder lakselus vil en genomsekvens ha direkte konsekvens for hvor raskt en kan komme fram til nye legemiddel og en vaksine. I tillegg er arvestoffet til lakselus langt mindre enn både torsk og laks og kostnadene vil derfor være mindre (men gevinsten desto større).

Det bør derfor raskt skaffes midler til lakselus sekvensering slik at en ikke taper tid før resistens blir et alvorlig problem. Genomsekvensen til lakselus vil også ha stor relevans i forhold til arbeid med luseproblematikk i Chile. Dette bør gjøre det interessant for bedrifter som har oppdrett internasjonalt å støtte dette.

Kartlegging av genomene til viktige oppdrettsarter og parasitter eller patogener. Dette vil være svært viktig for å gjøre området attraktivt og å tiltrekke forskningskapasitet både nasjonalt og internasjonalt. I tillegg vil det skape store muligheter for å løse biologiske utfordringer gjennom funksjonell genomforskning. Prioritet på dette område bør være:

1. Lakselus og *Francicella* bakterien
2. Torsk
3. Laks
4. Copepoder (f.eks rødåte).

Mattrygghet - Regelverksutfordringer

EUs regelverk på øvre grenseverdier for uønskede stoffer og tilsetningsstoffer i fôr er i liten grad tilpasset fisk - gjeldende grenser for en rekke pesticider (inkl endosulfan, DDT og kamfeklor), samt elementene selen, fluor, arsen og kvikksølv er en utfordring for næringen. Det er viktig at nødvendig kunnskap genereres vedrørende effekten av stoffene hos fisk, overførsel til spiselig del (og dermed betydning for mattrygghet), effekt på bruker og miljø. Denne forskningen er viktig i utforming av risikovurderinger i EFSA for å rådgi kommisjonen, og i VKM for å rådgi Mattilsynet, og potensielt bidra til tilpassing av regelverket på både fôr og mat. Uten et tilpasset regelverk vil det gi store begrensninger

Følgende har gitt innspill

Arne Ervik, Havforskningsinstituttet

Arne Fredheim, SINTEF

Brit Hjeltnes, Veterinærinstituttet

Erlend Moksness, Havforskningsinstituttet

Frank Nilsen, Universitetet i Bergen

Gro-Ingunn Hemre, NIFS

Ole Christian Nordvik, SINTEF

Terje Svåsand, Havforskningsinstituttet

Tom Hansen, Havforskningsinstituttet

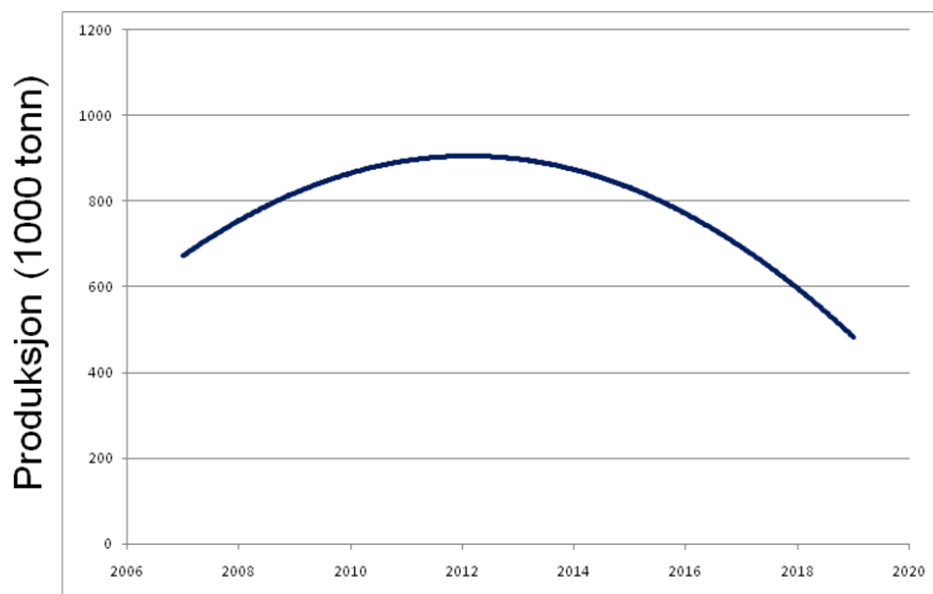
Vedlegg

Tabell 1. Ressursbehov for å kunne løse flaskehalser

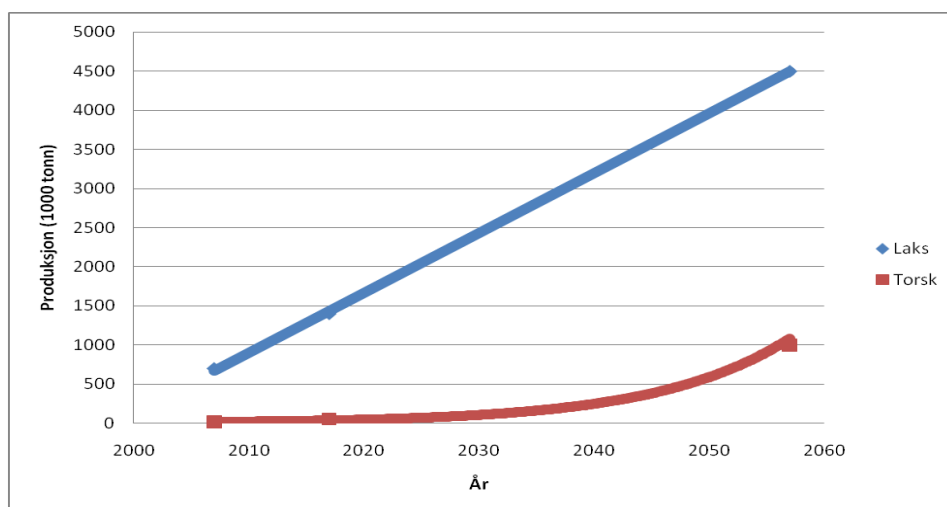
Prioritet	Prosjekt	Delprosjekt	Engangs-bev.	Årlig bev.	Tidsramme
1	Bæreevne	Lakselus	16	15	2008-∞
2	Grunnleggende akvabio.	Genom Lakselus			2009
3	Bæreevne	Sterilisere oppdrettsfisk		5	2009-2016
4	Bæreevne	Rømmingssikring		10	2009-
5	Bæreevne	Virussjukdommer	5	10	2010-∞
6	Grunnleggende akvabio.	GenomFrancicella			2010
7	Bæreevne	Intracellulære bakterier		5	2010-∞
8	Lokaliteter			10	2010-∞
9	Grunnleggende akvabio.	Genomikk fisk		10	2010-∞
10	Bæreevne	Eutrofiering		5	2010-∞
11	Bæreevne	Sjukdomsovervåking		10	2012-∞
Sum			21	80	

Tabell 2. Forvaltningsmessig og næringsmessig interesse

Næringsrettet forskning	Prosjekt	Forvaltningsrettet forskning
Vurdering av enkeltlokaliteter	Oppdrettslokaliteter	Offentlige oppgaver knyttet overordnet lokalisering-politikk
Forskning knyttet til produksjonsoptimalisering	Settefisk av torsk og laks	
Nye fôrråstoff og optimalisering av fôr	Fôrråstoffer	Vurdering av trygge råstoff knyttet til fiskevelferd og trygg sjømat
	Bæreevne - rømming	Genetiske interaksjoner med ville bestander
Vaksineutvikling, grunnleggende sykdomsforskning	Bæreevne – sykdom og spredning	Diagnostikk, sprednings-mekanismer og grunnleggende forskning
Lokale effekter	Bæreevne - Eutrofiering	Regionale effekter av utslipp av næringsstoff
	Bæreevne Konkurrerende bruk	Kystsoneforvaltning
Markedsføring og salg	Forbrukeraksept	Overordnet forståelse av forbrukeraksept
Nødvendig for nyskaping	Grunnleggende akvabio.	Sikre allmennheten tilgang, nødvendig for forståelse



Figur 1. Mulig utvikling i lakseproduksjonen dersom ikke nye lakselusmiddel er tilgjengelige i løpet av en 5-8 års periode.



Figur 2. Mulig produksjonsutvikling for laks og torsk dersom produksjonsmessige flaskehalser fjernes.